

PENGEMBANGAN APLIKASI WEB GIS *CLIENT SIDE* DENGAN MODEL *HEXSAGONAL GRID* UNTUK Mendukung MANAJEMEN BENCANA BANJIR LAHAR DI KABUPATEN SLEMAN

Jumadi¹, Priyono²

^{1,2}Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
¹E-mail : jumadi_geo@ums.ac.id, ²E-mail : drspriyono@yahoo.com

ABSTRAK

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan aplikasi Web GIS untuk membantu proses pengambilan keputusan dalam penanggulangan bencana banjir lahar terutama pada tahap tanggap darurat dan pemulihan dari dampak bencana pada infrastruktur di Kabupaten Sleman. Kuesioner dan wawancara semi-terstruktur yang digunakan untuk menginventarisir kebutuhan sistem, ketersediaan data, prosedur kolaborasi, dan evaluasi dari prototype aplikasi yang telah dibuat. Aplikasi yang telah dibangun dilengkapi dengan analisis spasial khusus untuk pemilihan lokasi hunian sementara, dan beberapa alat untuk memilih prioritas pada perbaikan infrastruktur menggunakan hexagonal grid model. Hasil evaluasi dari prototype menunjukkan bahwa hampir semua responden memberikan penilaian yang baik untuk sistem. 80% dari mereka setuju bahwa aplikasi ini akan sangat berguna. Namun, beberapa saran dan masukan perlu diakomodasi untuk membuat sistem sepenuhnya diimplementasikan dan user friendly.

Kata kunci : lahar, manajemen bencana, Web GIS, dan MCDA

1. PENDAHULUAN

Letusan terbaru Gunung Merapi yang terjadi pada tahun 2010 dikatakan oleh pihak berwenang sebagai letusan terbesar sejak 1870-an. Letusan dimulai pada akhir Oktober 2010 dan berlanjut sampai November 2010. Selama periode tersebut, aktivitas Merapi mencapai puncak pada saat aliran piroklastik banyak turun ke daerah penduduk di lereng yang lebih rendah [1]. Hampir 50 ribu orang berada di daerah berisiko tinggi. Sementara itu, 354 orang dari mereka meninggal dan 240 terluka [2].

Setelah itu, banyaknya endapan material di lereng akan dapat menyebabkan terjadinya banjir lahar selama musim penghujan [3]. Merapi menyimpan deposit material yang diperkirakan sekitar 130 juta m³ bisa menjadi potensi ancaman serius bagi masyarakat sekitar [4] untuk setidaknya tiga tahun kemudian [5]. Selain itu, BPPTK mengatakan bahwa lebih dari 70% bahan masih ada di lereng atas Gunung Merapi [6]. Bahkan, ancaman lahar tidak hanya menyebabkan kerusakan selama ratusan pemukiman tetapi juga jumlah jembatan, situs pariwisata, saluran irigasi dan lahan pertanian [7].

Tindakan segera dari berbagai pihak pemangku kepentingan pada manajemen bencana memiliki peran penting untuk mengatasi situasi saat terjadi bencana. Oleh karena itu, mereka membutuhkan data pendukung untuk memudahkan pengambilan keputusan dari berbagai disiplin ilmu [8]. Dalam hal ini, data spasial cukup dapat memfasilitasi manajemen bencana karena hampir semua informasi yang diperlukan dalam penanggulangan bencana mengandung aspek spasial [9]. Namun, umumnya tidak mudah untuk menyediakan data spasial yang handal, terkini, dan akurat untuk keperluan itu [8].

Apalagi posisi Gunung Merapi yang berada di wilayah perbatasan antara dua provinsi (Jawa Tengah dan DIY) serta berada diantara empat Kabupaten (Klaten, Sleman, Boyolali dan Magelang) menyebabkan banyaknya pemda yang harus terlibat. Padahal permasalahan bencana lahar tidak dapat dibatasi secara administratif pemerintahan. Berdasarkan penjelasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membangun aplikasi Web GIS (*Geographic Information System*) yang dapat dipakai sebagai wahana data sharing antar instansi yang terlibat dalam penanganan banjir lahar. Kabupaten Sleman dipilih sebagai lokasi penelitian karena dianggap memiliki infrastruktur data spatial yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

1. Data spasial ,
2. Enterprise Architect 9.2 (versi trial) untuk membuat desain konseptual.
3. Software untuk persiapan data menggunakan ArcGIS 9.3 dan Quantum GIS 1.6.0.
4. Perangkat lunak yang berjalan di server (*server-side*), yaitu:

- a. PostgreSQL / PostGIS, berfungsi sebagai sistem database yang menyimpan baik data spasial dan non-spasial.
 - b. Apache, adalah software yang berfungsi sebagai web server.
 - c. PHP, script fungsi eksekusi akan dilakukan di server, kemudian hasilnya akan dikirim ke browser.
5. Perangkat lunak yang berjalan pada klien (*client-side*), yaitu:
- a. Internet Browser (Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera, dll), digunakan untuk aplikasi browsing.
 - b. Java Applet melekat dalam aplikasi (*embedded*) untuk merepresentasikan data spasial dalam tampilan yang dinamis dan interaktif.
 - c. Java Runtime Environment (JRE), fungsi runtime sebagai Java Virtual Machine (JVM) untuk aplikasi Java dapat berjalan.

2.2 Pengguna Aplikasi

Dalam manajemen bencana lahar, terutama untuk dampak infrastruktur fisik, pemerintah memainkan peran utama baik dalam tindakan dan membuat keputusan. Secara umum, warga negara yang berpotensi menjadi korban dianggap objek (bukan aktor) dalam penanggulangan bencana lahar. Dalam proses pengambilan keputusan, mereka bisa menjadi pertimbangan tetapi mereka tidak memiliki peran penting. Oleh karena itu, mereka tidak dianggap sebagai pelaku (stakeholder) dalam penelitian ini.

Berdasarkan penjelasannya, beberapa lembaga pemerintah lokal dipilih untuk menjadi pengguna (stakeholder). Sebenarnya, ada beberapa pengguna yang terlibat dalam kegiatan penanggulangan bencana. Namun, beberapa dari mereka dipilih pada penelitian ini yaitu Badan Penanggulangan Bencana di Kabupaten tingkat (BPBD), Dinas Pekerjaan Umum (PU), Badan Perencanaan Daerah (Bappeda), dan Badan Sumber Daya Air, Energi dan Mineral (SDAEM). Pilihan didasarkan pada peran mereka yang erat terkait dengan manajemen bencana lahar terutama untuk penanganan infrastruktur dampak.

2.3 Pengembangan Basisdata Spasial

Geodatabase dapat dibuat dengan mengumpulkan semua objek data dari daftar identifikasi (berdasarkan kebutuhan pengguna) dan menggabungkan mereka ke dalam database relasional terintegrasi atau beberapa file data [10]. Dalam penelitian ini, metode pengembangan geodatabase terutama akan berisi tiga fase yaitu fase desain konseptual, logis, dan fisik [11][12] menggunakan database relasional terpadu (RDBMS).

Secara rinci, Nyerges menjelaskan setiap fase sebagai berikut [13]: (1) Desain Konseptual Model Database, produk dari tahap desain konseptual dalam desain database membantu analis dan stakeholder melakukan diskusi tentang apa yang maksud dan arti dari data yang diperlukan untuk memperoleh informasi, menempatkan informasi yang dalam konteks bukti dan penciptaan pengetahuan. Artinya, kedua kelompok ingin mendapatkannya "benar" sedini mungkin dalam proyek. (2) Desain logis, data operasi pengolahan yang akan dilakukan pada atribut, spasial, dan temporal tipe data secara individu atau kolektif memperoleh informasi (dari data) untuk memenuhi langkah 1. Operasi tersebut memperjelas kebutuhan desain logis. (3) Desain Fisik, tentukan bidang data, nilai-nilai yang valid dan rentang untuk semua domain, termasuk domain kode fitur, kunci primer dan jenis indeks. Karena data spasial lokal yang ada di daerah tersebut umumnya disimpan sebagai shapefile [14], sehingga data proses konversi diperlukan pada pengembangan geodatabase. Dalam proses ini, shapefile Alat PostGIS (SPIT) di Quantum GIS akan digunakan [15].

2.4 Pengembangan Prototype Aplikasi

Prototipe aplikasi ini dikembangkan dengan PHP dan Java Applet dengan mengacu pada kebutuhan sistem (*System Requirement*) yang diperoleh dari hasil wawancara dengan pengguna.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Prosedur Data Sharing dalam Penanganan Banjir Lahar

Secara umum, ada tiga elemen infrastruktur yang berpotensi terancam oleh jalan lahar yaitu dan jembatan, permukiman (perumahan), dan sarana irigasi. Jika infrastruktur rusak akibat lahar, aktor masing-masing bertanggung jawab untuk memecahkan masalah yang menjadi tanggung jawab masing-masing instansi. Dalam beberapa kasus, aktivitas mereka berhubungan secara kolaboratif dengan lembaga lain. Namun demikian, ada beberapa masalah non-teknis pada lingkungan kolaborasi mereka bekerja sebagai dikatakan oleh responden dari BPBD.

Pertama, lemah dalam koordinasi antar instansi. Kedua, ada paradigma bahwa manajemen bencana adalah kegiatan domainnya BPBD. Badan-badan lain biasanya menunggu perintah untuk mengambil tindakan. Ketiga, kurangnya sinergi. Kadang-kadang, masing-masing instansi bekerja untuk tujuan lembaga mereka bukan untuk tujuan yang lebih luas yang melibatkan lembaga lain. Terakhir, adalah kurangnya data sharing antar instansi. Situasi ini tidak hanya disebabkan oleh

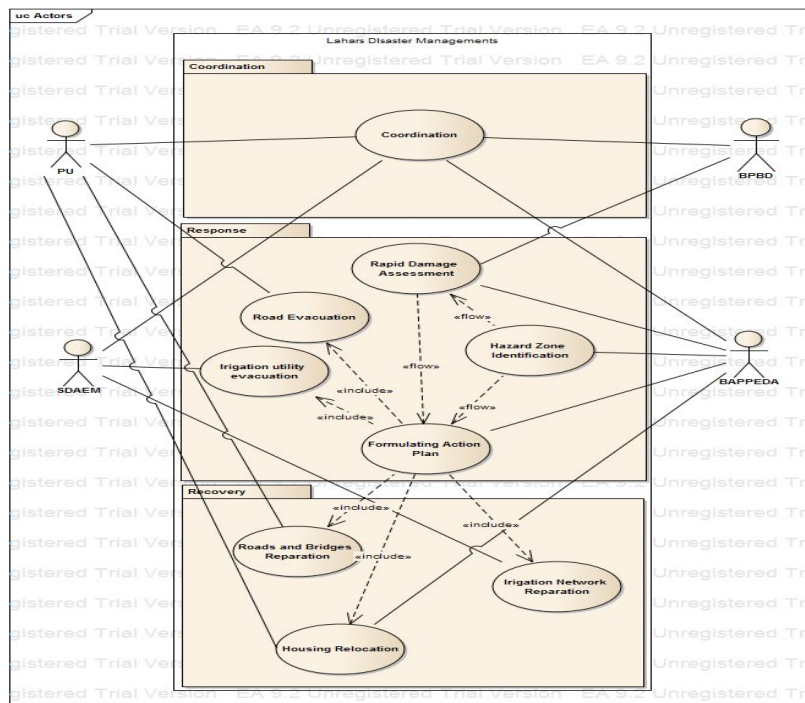
kondisi budaya organisasi tetapi juga oleh kurangnya sumber daya manusia yang mampu menangani data keterampilan terutama untuk data spasial. Kondisi yang berkaitan dengan sumber daya manusia dilaporkan sepenuhnya oleh Putra (2010) bahwa 40% dari lembaga lokal di Kabupaten Sleman tidak memiliki GIS terampil staf. Yang menarik, 54,54% dari mereka memiliki operator GIS tetapi dalam jumlah minimum (1-2 orang / badan). Sebagai informasi lebih lanjut, sampai sekarang, GIS belum sepenuhnya diterapkan di BPBD untuk pengelolaan data spasial.

Peran masing-masing instansi yang benar-benar terbagi berdasarkan tugas utama mereka. Ada beberapa peran yang diidentifikasi selama proses wawancara. Peran masing-masing instansi tersebut telah dicatatkan pada tabel berikut.

Tabel 1: Identifikasi Peran Instansi dalam Manajemen Bencana Lahar

No.	Instansi	Peran
1.	BAPPEDA	1. Pemetaan area bencana 2. Membuat <i>action plan</i> 3. Menyediakan data spatial
2.	BPBD	1. Penilaian kerusakan 2. Koordinasi penanganan bencana 3. Memfasilitasi manajemen bencana antar instansi
3.	PU	1. Penyedia Sarana dan Prasarana 2. Evakuasi Jaringan jalan 3. Relokasi dan Pembangunan Perumahan
4.	SDAEM	1. Evakuasi jaringan sungai dan irigasi 2. Perbaikan jaringan sungai dan irigasi

Tabel 1 memberikan informasi mengenai peran masing-masing instansi tentang kegiatan penanggulangan bencana lahar. Sebenarnya, daftar peran tersebut telah dipilih yang berhubungan dengan kegiatan tanggap darurat dan pemulihan dari dampak bencana terhadap infrastruktur. Hasil keseluruhan meliputi semua kegiatan sedangkan beberapa diantaranya tidak relevan karena keterbatasan penelitian. Peran masing-masing *stakeholder* pada sistem manajemen bencana lahar digambarkan menggunakan *use case* sebagai berikut.



Gambar 1: Peran *Stakeholder* dalam Manajemen Bencana Banjir Lahar

3.2 Pengembangan Basisdata Spasial

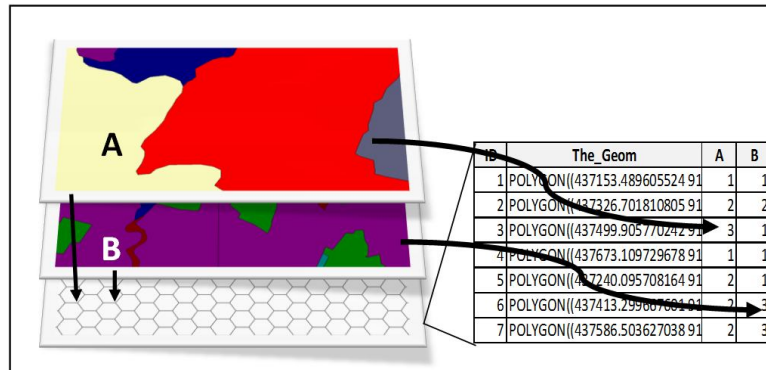
Hasil analisis kusioner tentang persyaratan data spasial untuk penanggulangan bencana lahar ditemukan bahwa hampir semua responden setuju dengan unsur-unsur spasial yang diusulkan sebagai komponen geodatabase. Selain itu, beberapa responden juga menyarankan untuk menambahkan beberapa dataset antara lain peta penggunaan lahan, peta evakuasi, bencana lahar besarnya peta, peta morfologis. Selain itu, persyaratan dari elemen data spasial dapat dianalisis juga dari daftar informasi yang diperlukan. Daftar ini telah dipilih yang relevan dengan manajemen bencana lahar pada dampak infrastruktur. Adapun semua data spasial diperlukan pada penanganan bencana lahar dapat disederhanakan sebagai berikut.

Tabel 2: Analisis Kebutuhan Data Spasial dalam Manajemen Bencana Lahar

No	Data Spasial
1	Batas administratif
2	Data Desa
3	Peta Jaringan Jalan
4	Peta Jembatan
5	Peta Perumahan
6	Peta Jaringan sungai dan irigasi
7	Peta KRB
8	Peta Persebaran Lahar
9	Peta Hunian sementara
10	Peta Kondisi jembatan
11	Peta Penggunaan Lahan
12	Peta Resiko Bencana Lahar
13	Peta Kemiringan Lereng

Pada dasarnya, mengelola dan menggunakannya data spasial dengan jumlah layer besar lebih sulit dari yang sederhana. Apalagi sebagian dari target pengguna belum familiar dengan aplikasi SIG. Belajar dari [16] dan [17] memberikan alternatif solusi untuk masalah ini. [17] membuat aplikasi SDSS penyediaan dan pemantauan greenspace perkotaan. Aplikasi ini digunakan kotak persegi panjang 100x100m sebagai model permukaan disimpan dalam database. Setiap sel memiliki sifat geografis dari daerah tersebut. Di sisi lain, [16] menggunakan grid heksagonal 100x100m pada pembuatan aplikasi tersebut untuk tujuan yang berbeda. Hal ini melaporkan bahwa semakin kecil ukuran sel, semakin tinggi akurasi tapi lebih lambat sistem [16] [17].

Pendekatan ini dianggap metode yang tepat untuk menyederhanakan database. Dataset banyak dapat dikombinasikan menjadi satu sel berbasis tabel di PostgreSQL/PostGIS database. Setiap Dataset dapat disimpan ke dalam satu kolom dari tabel. Gambar berikut mengilustrasikan metode tersebut secara grafis. Dataset yang diperoleh dari beberapa tema misalnya A dan B dapat digabungkan dengan menggunakan metode interseksi ke tabel berbasis sel heksagonal untuk kolom misalnya A dan B. Setelah itu, peta tematik dapat dibuat dengan membuat query yang didasarkan pada setiap kolom.



Gambar 2: Konsep Hexagon berbasis Cell pada Tabel Data Spasial

Grid heksagonal dalam penelitian ini dibuat menggunakan *repeating shape* untuk ArcGIS dari Jenness (2011). 66527 grid heksagonal (100x100m) diciptakan di seluruh wilayah Kabupaten Sleman. Layer segi enam yang digunakan dalam penelitian ini sebagai model permukaan untuk mewakili sifat geografis serta dataset terkait bencana lahar yang dapat dimodelkan sebagai poligon. Dalam mengembangkan aplikasi berbasis web dengan grid heksagonal, [16] berpengalaman dengan rendahnya kinerja sistem selama proses render dengan jumlah yang dari grid ketika informasi yang diberikan sebagai vektor. Dalam hal ini, [16] adalah menggunakan pendekatan server-side. Oleh karena itu, data spasial dihasilkan di server dan dikirimkan ke klien sebagai gambar terkompresi raster. Dengan teknologi ini, masalah kinerja bisa agak diminimalkan. Namun, sulit untuk memanipulasi visual. Penelitian ini menggunakan model vektor untuk mendapatkan manipulasi visual yang lebih baik. Untuk menyederhanakan transportasi data, hanya koordinat pusat heksagon, lebar heksagon dan atributnya yang dikirim ke klien. Di sisi client, semua simpul segi enam akan dihasilkan untuk membangun bentuk segi enam lengkap. Dengan metode ini, jumlah byte data transportasi akan sangat berkurang.

Di sisi lain, ada beberapa objek yang harus disimpan dan direpresentasikan secara independen. Semua data infrastruktur termasuk dalam jenis objek (lihat Tabel 3). Ada beberapa infrastruktur yaitu Data jaringan jalan, bangunan, jaringan irigasi, dan jembatan. Dalam hal ini, setiap objek membutuhkan model sendiri geografis dan representasi sebagai berikut.

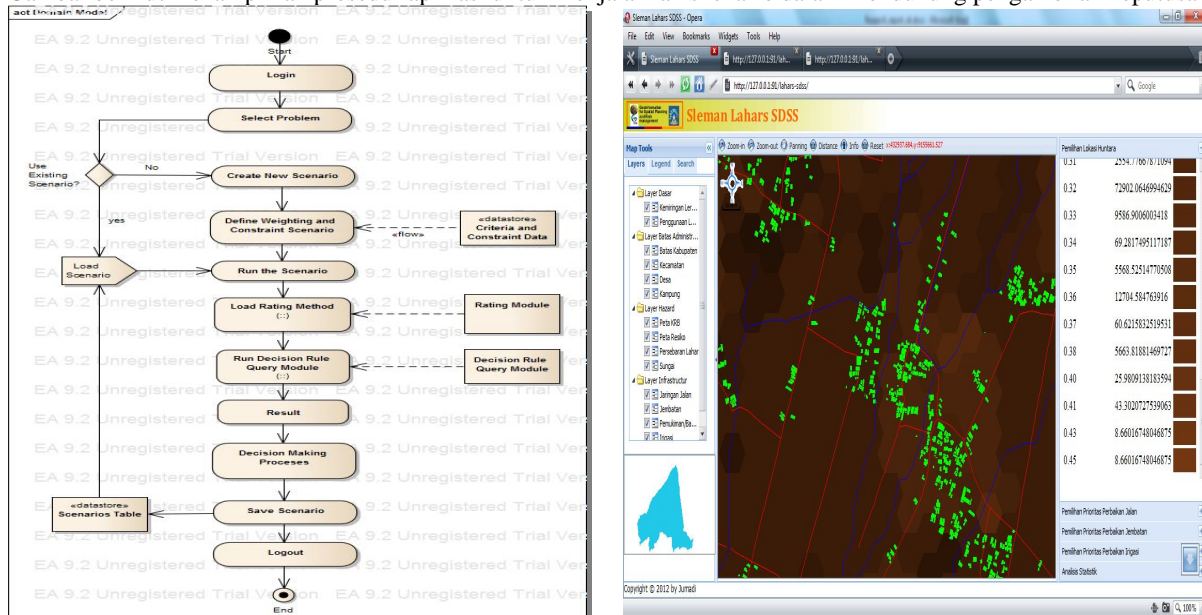
Tabel 3: Geografis Model Data Infrastruktur

No	Objek	Model Geografis
1	Jaringan Jalan	Garis
2	Jaringan Irigasi	Garis
3	Bangunan	Poligon
4	Jembatan	Titik

Dalam proses penyimpanan data, setiap bangunan dan jembatan disimpan dengan atribut mereka. Berbeda, jaringan irigasi dan jaringan jalan disimpan per segmen. Setiap segmen mewakili objek (jalan atau irigasi) yang memiliki karakteristik fisik yang sama (atribut) seperti lebar, jenis dan sebagainya.

3.4 Pengembangan Prototype

Gambar berikut menampilkan prosedur aplikasi untuk menjalankan skenario dalam mendukung pengambilan keputusan.



a. Prosedur

Gambar 3: Prosedur Aplikasi

b. hasil

Gambar 3b menggambarkan screenshot aplikasi dalam mendukung keputusan untuk memilih lokasi yang paling cocok untuk membangun hunian sementara. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada beberapa variabel antara lain kemiringan lereng, penggunaan lahan, akses ke pemukiman penduduk, dan akses ke jaringan jalan serta dibatasi oleh zona bahaya dan zona konservasi.. Setiap kriteria dan setiap alternatif diikuti dengan bobot yang berisi nilai 0 - 100. Setelah skenario dijalankan, sistem akan mengirim masukan preferensi ke modul rating (lihat gambar 3a). Hasil pembobotan ternormalisasi (*normalized*

weight) akan ditampilkan dalam bentuk seperti yang digambarkan dalam Gambar 3b. Skor keseluruhan, luas total skor dan warna di peta akan disajikan pada formulir ini. Segi enam terang menunjukkan bahwa lokasi adalah daerah yang paling cocok untuk lokasi hunian sementara.

3.5 Evaluasi Prototype

Tes dan evaluasi dari prototipe aplikasi dilakukan dengan 10 pengguna dari instansi-instansi yang dipilih. Gambaran singkat dan penjelasan diberikan sebelum sesi pengujian aplikasi. Setelah itu, mereka mencoba menggunakan aplikasi untuk tujuan tertentu. Selanjutnya mereka diminta mengisi kuesioner sebagai alat evaluasi setelah sesi pengujian. Ada tiga komponen utama yang dievaluasi setelah mereka mencoba menggunakan prototipe. Komponen penelitian tersebut dirujuk dari standar ISO 9241 khususnya bagian dari evaluasi antarmuka aplikasi Web GIS [18]. Komponen-komponen tersebut antara lain: (1) antarmuka dialog, (2) informasi / konten, (3) interaktivitas, dan (4) kegunaan aplikasi. Pengguna juga didorong untuk memberikan masukan dan saran untuk meningkatkan kegunaan dari sistem. Hampir semua dari mereka memberikan tanda yang baik untuk sistem. Namun, beberapa saran dan masukan perlu diakomodasi untuk membuat sistem sepenuhnya diimplementasikan dan user friendly.

4. KESIMPULAN

Aplikasi spasial (GIS) dapat berperan penting dalam membantu proses pengambilan keputusan dalam manajemen bencana banjir lahar. Pengembangan aplikasi GIS berbasis web dalam hal ini sangat relevan mengingat manajemen bencana pada umumnya melibatkan banyak instansi terkait. Sehingga aplikasi dapat dengan mudah diakses oleh instansi-instansi tersebut untuk mendapatkan informasi selama proses pengambilan keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.wikipedia.org
- [2] BNPB, (2010). Laporan Harian Tanggap Darurat Gunung Merapi 5 Desember 2010. Yogyakarta: POSKO AJU BNPB.
- [3] Daag, A. S. (2003). Modelling the Erosion of Pyroclastic Flow Deposits and the Occurances of Lahars at Mt. Pinatubo, Philippines. Dissertation. The Netherlands: ITC.
- [4] Pakar; Banjir Lahar Dingin Besar Masih Mengancam Kali Putih. Available at <http://www.ugm.ac.id/index.php?page=rilis&artikel=3344>. Accessed 2 March 2011.
- [5] BPPTK (2011): Ancaman Lahar Dingin 3 Tahun. Available at <http://metrotvnews.com/metromain/newscat/nusantara/2010/12/14/36893/BPPTK-Ancaman-Lahar-Dingin-3-Tahun>. Accessed 2 April 2011.
- [6] Lahar Dingin Merapi Masih Jadi Ancaman. Available at <http://www.republika.co.id/berita/nasional/umum/11/06/21/ln4830-lahar-dingin-merapi-masih-jadi-ancaman>. Accessed 27 June 2011.
- [7] Jumadi, Suharyadi dan Tuladhar, A. M. (2012). The Importance of Spatial Data in Lahars Disaster Management. Prosiding Seminar Nasional PJ dan SIG 2012. Surakarta: MUP.
- [8] Mansourian, A., Rajabifard, A., Zoeja, V., and Williamson, I. (2006). Using SDI and web-based system to facilitate disaster management. Computers & Geosciences. Vol. 32 (2006), pp. 303–315.
- [9] Donohue, K. (2002). Using GIS for all-hazard emergency management. Available at <http://www.danielparejaortiz.es/ascensores/documentos/Using GIS for all-hazard emergency management.pdf>. Accessed 10 April 2011.
- [10] Tsou, M. and Curran, J. M. (2008). User-Centered Design Approaches for Web Mapping Applications: A Case Study with USGS Hydrological Data in the United States. San Diego State University. Available at http://map.sdsu.edu/2008_Wildfire-workshop/documents/Tsou_user-center-design-chapter_20.pdf.
- [11] Artur, D. and Zeiler, M. (2004). Designing geodatabases: case studies in GIS data modeling. New York: ESRI Press.
- [12] Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographical Information Systems and Science (2nd ed.). USA: John Wiley & Sons Inc.
- [13] Nyerges (2011). Developing a Geodatabase. Available at http://courses.washington.edu/geog464/geodatabase_development.doc. Accessed 20 April 2011.
- [14] Putra, T. Y. D. (2010). A Local Spatial Data Infrastructure to Support The Merapi Volcanic Risk Management; A Case Study at Sleman Regency, Indonesia. Thesis. UGM Yogyakarta – ITC The Netherlands.
- [15] Cavallini, P. (2006). Free, Cheap, And Powerful Postgis, The Open Source Geodatabase. GIS Development. Vol. 2, Issue 5.
- [16] Burdziej, J. (2011). A Web-based Spatial Decision Support System For Accessibility Analysis—Concepts And Methods. Appl Geomat. 7 July 2011.
- [17] Pelizaro, C. (2005). A Spatial Decision Support System for the Provision and Monitoring of Urban Greenspace. Ph. D Thesis. The Netherlands: Eindhoven University Press.
- [18] Schimiguel, J., Baranauskas, M.C. and BauzerMedeiros, C. (2004). Inspecting User Interface Quality In Web Gis Applications. Institute of Computing (IC), Brazil: State University of Campinas (UNICAMP).